

# Cours : La mole - Masse molaire - Concentration

## I- La mole : La quantité de matière mesurée à l'échelle humaine (échelle macroscopique) :

Un atome, une molécule, sont des objets chimiques microscopiques. En prenant une grande quantité d'atomes (une mole), on obtient un ensemble mesurable d'un point de vue macroscopique. Nous pouvons peser, par-exemple, la masse d'une mole de sel de cuisine (NaCl) avec une simple balance alors qu'on ne peut pas peser la masse d'une molécule de NaCl.

Une mole d'atomes, de molécules, ou d'ions est un "paquet" contenant  $N_A = 6,02 \times 10^{23}$  atomes, molécules ou ions.

La quantité de matière, notée  $n$ , d'une espèce chimique, est le nombre de mole(s) ou le nombre de « paquet(s) » de cette espèce chimique. L'unité de la quantité de matière est la mole (symbole mol).

La constante  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  est la constante d'Avogadro.

### Remarque : Pourquoi $6,02 \cdot 10^{23}$ pour le "paquet" constituant la mole ?

Avogadro a décidé que la mole (correspondant à sa constante  $N_A$ ) serait égale au nombre d'atomes de Carbone dans 12g de carbone 12.

Calcul de  $N_A$  : nombre d'atomes de C dans 12g de C =  $12\text{g} / \text{masse d'1 atome de C}$

masse d'1 atome de C = nbre de nucléons du C x masse d'1 nucléon =  $12 \times 1,67 \cdot 10^{-24} \text{ g}$

$N_A = 12 / (12 \times 1,67 \cdot 10^{-24}) = 6,02 \cdot 10^{23}$  atomes dans une mole

### Exemples :



1 mole de  
Cuivre

$m_{\text{Cu}} = 63,5 \text{ g}$

1 mole  
d'Aluminium

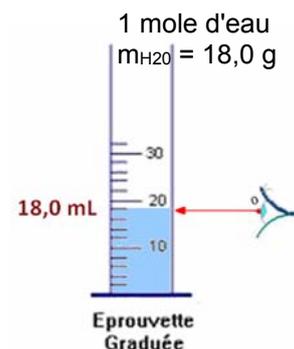
$m_{\text{Al}} = 27,0 \text{ g}$

1 mole de  
Soufre

$m_{\text{S}} = 32,1 \text{ g}$

1 mole d'Oxyde  
de Cuivre

$m_{\text{Cu}_2\text{O}} = 143 \text{ g}$



La relation entre le nombre d'entités chimiques (atomes, molécules ou ions)  $N$ , le nombre d'Avogadro  $N_A$  et la quantité de matière (ou nombre de mole)  $n$  et écrire les unités.

$$\text{mol} \rightarrow n = \frac{N}{N_A} \leftarrow \text{mol}^{-1}$$

## II- Masse molaire atomique et moléculaire

La **masse molaire atomique** est la masse d'une mole d'atomes :  
Son symbole est  $M$  ; elle s'exprime en grammes par mole ( $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ).

Elle est donnée dans le tableau de la classification périodique .



La **masse molaire moléculaire** (masse d'une mole de molécules) est égale à la SOMME des masses molaires atomiques de tous les atomes présents dans cette molécule. Elle s'exprime en  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

**Rque : même définition pour un ion polyatomique**

**Application 1** : Quelle est la masse molaire moléculaire de l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ?

### III- Quantité de matière et masse molaire

La relation qui relie le nombre de mole ou quantité de matière  $n(A)$  d'une entité chimique (atomes, molécules ou ions) A avec la masse  $m(A)$  de cette entité chimique et la masse molaire  $M(A)$  de cette entité chimique est :

$\frac{\text{mol}}{n(A)} = \frac{m(A)}{M(A)} \frac{\text{g}}{\text{g.mol}^{-1}}$	Ou $m(A) = n(A) \times M(A)$
--	------------------------------

**Application 1 :** Quelle est la masse de 1,5 mol d'atomes d'oxygène?

**Application 2 :** Quelle est la quantité d'eau (le nombre de mole d'eau) contenue dans une goutte d'eau de masse 1,0 g ?

### IV- Quantité de matière et volume molaire :

Le volume occupé par une mole de gaz à pression et température données est le même quel que soit l'espèce chimique constituant le gaz.

On définit alors le volume molaire d'un gaz,

$$V_m = 22,4 \text{ L.mol}^{-1} \text{ à } P_{\text{atm}} \text{ et à } T=0^\circ\text{C}$$
$$V_m = 24,0 \text{ L.mol}^{-1} \text{ à } P_{\text{atm}} \text{ et à } T=20^\circ\text{C}$$

La relation qui relie le nombre de mole ou quantité de matière  $n(A)$  d'une entité chimique (atomes, molécules ou ions) A avec le volume  $V(A)$  de cette entité chimique et le volume molaire  $V_m$  de cette entité chimique est :

$$\text{mol} \cdot n(A) = \frac{V(A)}{V_m} \text{ L.mol}^{-1}$$

**Application 1 :** Quelle est le volume occupé par 1,5 mol de dioxygène?

**Application 2 :** Quelle est la quantité de dichlore (le nombre de mole de dichlore  $\text{Cl}_2$ ) contenue dans une bouteille de 2,5 L de gaz dichlore ?

### V- Concentration en quantité de matière C d'une solution :

Si l'on a dissout une quantité de matière  $n(A)$  d'un soluté A dans une solution de volume V, la concentration molaire  $c(A)$  du soluté est :

$$\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \longrightarrow C(A) = \frac{n(A)}{V_{\text{solution}}} \left( \begin{array}{l} \longleftarrow \text{mol} \\ \longleftarrow \text{L} \end{array} \right)$$

$$\text{Ou } n(A) = C(A) \times V_{\text{solution}}$$

**Application 1 :** On dissout  $1,5 \cdot 10^{-1}$  mol de chlorure de sodium ( $\text{NaCl(s)}$ ) dans de l'eau. Le volume de la solution est de 100mL. Calculer la concentration en quantité de matière de chlorure de sodium de la solution.

**Application 2 :** Déterminer la quantité de matière de sel (NaCl) à dissoudre dans 100 mL d'eau pour obtenir une solution de sérum physiologique de concentration en quantité de matière  $C = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

## VI- Lien entre la concentration en quantité de matière C et la concentration en masse Cm (ou t) :

$$C = \frac{n}{V} = \frac{m/M}{V} = \frac{m}{V \cdot M} = \frac{m/V}{M} = \frac{C_m}{M}$$

**Application :** On dissout 6,0 g de diiode ( $I_2$ ) dans du cyclohexane. Le volume de la solution obtenue est  $V = 200 \text{ mL}$ . Donnée :  $M(I) = 126,9 \text{ g.mol}^{-1}$ .  
Calculer la concentration en quantité de matière  $c(I_2)$  de diiode en solution.

## VII- Masse volumique et densité

**La masse volumique** d'un corps pur A est la masse d'un volume donné de corps pur A, elle est donnée par la relation

$$\begin{array}{l} \text{kg.L}^{-1} \\ \text{g.L}^{-1} \\ \text{g.mL}^{-1} \end{array} \rho(A) = \frac{m(A) \begin{array}{l} \text{kg} \\ \text{g} \end{array}}{V(A) \begin{array}{l} \text{L} \\ \text{mL} \end{array}}$$

$$\text{Ou } m(A) = \rho(A) \times V(A)$$

l'unité de la masse volumique dépend des unités de m et de V  
généralement  $\rho$  est en  $\text{g.L}^{-1}$ .

Cependant certaines unités sont plus adaptées

ex : masse volumique de l'eau = masse de 1L d'eau = 1,00 kg

donc  $\rho_{\text{eau}} = 1 \text{ kg.L}^{-1}$

en chimie l'unité des masses est le gramme

ainsi  $\rho_{\text{eau}} = 1 \text{ g.mL}^{-1}$

cette unité est avantageuse en chimie car on peut faire les calculs avec la densité.

**La densité d** d'un corps pur est le rapport de la masse volumique du corps et celle de l'eau :

$$d(A) = \frac{\rho(A)}{\rho(\text{eau})} \quad \text{avec } \rho_{\text{eau}} = 1 \text{ kg.L}^{-1} = 1 \text{ g.mL}^{-1}$$

Ainsi si  $\rho$  est exprimée **en  $\text{g.mL}^{-1}$  ou en  $\text{kg.L}^{-1}$**  la masse volumique du corps pur = densité du corps pur

**Application :** Déterminer la masse volumique de l'hexane.

En déduire la quantité de matière d'hexane contenue dans 13 mL d'hexane  $C_6H_{14}$  liquide.

Données : densité hexane  $d = 0,66$  ,  $M_H = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ,  $M_O = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ,  $M_C = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$  .

## Calculs de quantité de matière dans différents cas

- Si on connaît la masse du corps pur :

Lorsqu'on connaît la masse  $m$  (en g) d'un échantillon constitué d'un corps pur (solide, liquide ou gazeux) de masse molaire  $M$ , on peut calculer la quantité de matière par la relation :

$$n = \frac{m}{M}$$

- Si on ne connaît pas la masse et que le corps pur est sous forme liquide :

On mesure le volume de corps pur sous forme liquide et on utilise la masse volumique pour déterminer la masse du corps pur :

$$m = \rho \times V \quad \text{puis} \quad n = \frac{m}{M}$$

$\rho$  est la masse volumique en  $\text{g.L}^{-1}$ .

Rq: on peut passer par la densité  $d$  ;  $d = \rho / \rho_0$  avec  $\rho_0$  masse volumique de l'eau :  $\rho_0 = 1,0 \text{ kg.L}^{-1} = 1 \text{ g.mL}^{-1}$

Si  $\rho$  est exprimée en  $\text{g.mL}^{-1}$  ou en  $\text{kg.L}^{-1}$  la masse volumique = densité

- Si on ne connaît pas la masse et que le corps pur est sous forme gazeuse :

Dans les conditions normales de température et de pression (CNTP):

pour  $\theta = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  et  $p = 1 \text{ atm}$ , le volume molaire vaut  $V_m = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$ .

pour  $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  et  $p = 1 \text{ atm}$ , le volume molaire vaut  $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$ .

on peut calculer la quantité de matière par la relation,  $V$  étant le volume de gaz mesuré dans les mêmes conditions que le volume molaire:

$$n = \frac{V}{V_m}$$

- Si l'espèce chimique est en solution :

Pour un soluté de concentration en quantité de matière  $C$  (en  $\text{mol.L}^{-1}$ ) dans une solution de volume  $V$  (en L), on peut calculer la quantité de matière de soluté par la relation :  $n = C \cdot V$

On peut aussi rencontrer en exercice la concentration en masse notée  $C_m$  (ou t pour titre) qui s'exprime en  $\text{g.L}^{-1}$ . La relation entre ces deux grandeurs est :  $C_m = C \cdot M$  où  $M$  est la masse molaire du soluté.

### Exercices :

1- Calculer la quantité de matière d'éthanol contenue dans 0,92 g d'éthanol ( formule  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  ).

Données :  $M_{\text{H}} = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ,  $M_{\text{O}} = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ,  $M_{\text{C}} = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$  .

2- Calculer la quantité de matière d'hexane contenue dans 43 mL de propane  $\text{C}_3\text{H}_8$  liquide.

Données : densité propane  $d = 0,58$  ,  $M_{\text{H}} = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ,  $M_{\text{O}} = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ,  $M_{\text{C}} = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$  .

3- Calculer la quantité de matière de dichlore contenue dans 4,8L de gaz dichlore. En déduire la masse de dichlore.

Données :  $M_{\text{Cl}} = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$

4- Calculer la quantité de matière de glucose contenue dans une solution de 100mL à  $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  de glucose ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ).